



Home



Search



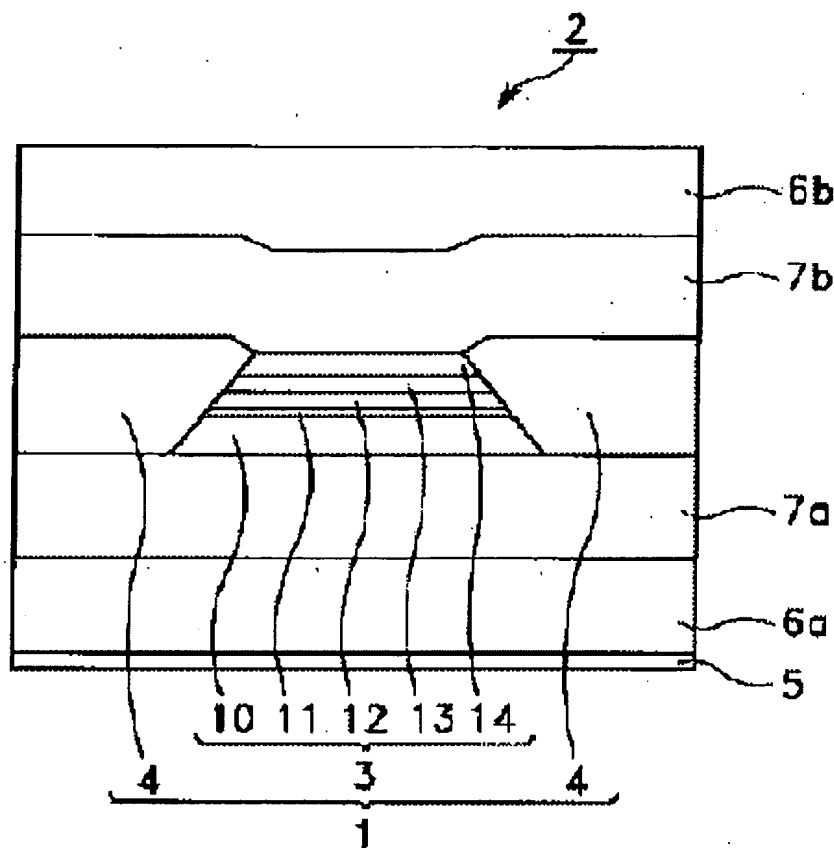
List

☐ Include**MicroPatent® PatSearch FullText:** Record 1 of 1

Search scope: US Granted US Applications EP-A, EP-B WO JP (bibliographic data only) DE-C
DE-A DE-T DE-U GB-A

Years: 1991-2003

Patent/Publication No.: JP2001250208



Order This Patent

Family Lookup

Find Similar

Legal Status

[Go to first matching text](#)

JP2001250208 A
MAGNETO-RESISTIVE ELEMENT,
SONY CORP

Inventor(s): ;MIYAUCHI SADAICHI ;KANO HIROSHI ;MIZUGUCHI TETSUYA ;HASHIMOTO
MINORU

Application No. 2000061873 JP2000061873 JP, Filed 20000302,A1 Published 20010914Published
20010914

Abstract: PROBLEM TO BE SOLVED: To make a first ferromagnetic layer a single magnetic

domain structure to prevent the generation of a magnetic wall.

SOLUTION: A bias layer 4 is formed at both end parts of a TMR thin film 3 by using a hard magnetic material having a high resistance value. Therefore, a shunt of a sense current to the bias layer 4 is eliminated and a bias magnetic field can be sufficiently applied to the TMR thin film 3. Thereby, a free layer 13 is made the magnetic domain and the generation of the magnetic wall can be prevented.

Int'l Class: G11B00539; H01F01018 H01L04308

Patents Citing this One: No US, EP, or WO patents/search reports have cited this patent.

MicroPatent Reference Number: 000250050

COPYRIGHT: (C) 2001JPO

[Home](#)[Search](#)[List](#)

For further information, please contact:

[Technical Support](#) | [Billing](#) | [Sales](#) | [General Information](#)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-250208

(P2001-250208A)

(43) 公開日 平成13年9月14日 (2001.9.14)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テーマコード^{*} (参考)

G 1 1 B 5/39

G 1 1 B 5/39

5 D 0 3 4

H 0 1 F 10/18

H 0 1 F 10/18

5 E 0 4 9

H 0 1 L 43/08

H 0 1 L 43/08

Z

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号

特願2000-61873 (P2000-61873)

(22) 出願日

平成12年3月2日 (2000.3.2)

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 宮内 貞一

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

ー株式会社内

(72) 発明者 鹿野 博司

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

ー株式会社内

(74) 代理人 100067736

弁理士 小池 晃 (外2名)

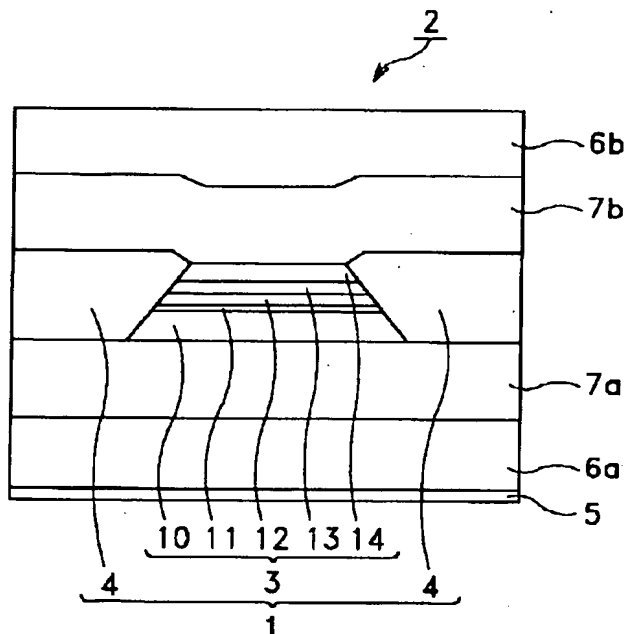
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気抵抗効果素子

(57) 【要約】

【課題】 第1の強磁性層を単磁区化し、磁壁が生じることを防止する。

【解決手段】 TMR薄膜3の両端部に、高い抵抗値を有する硬磁性材料によってバイアス層4を形成する。このため、センス電流がバイアス層4に分流することがなくなる。そして、TMR薄膜3に対して十分にバイアス磁界を印加することが可能となる。このことにより、フリー層13が単磁区化するため、磁壁の発生を防止できる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 感磁部である磁気抵抗効果薄膜と、上記磁気抵抗効果薄膜の両端部に形成され、磁気抵抗効果薄膜に対してバイアス磁界を印加する硬磁性層と、上記磁気抵抗効果薄膜の両主面側に形成され、磁気抵抗効果薄膜に対して電流を供給する電極層とを備え、上記硬磁性層は、 $0.5\Omega\text{cm}$ 以上の電気抵抗を有する材料によって形成されていることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項2】 上記磁気抵抗効果薄膜は、トンネル接合型磁気抵抗効果を有することを特徴とする請求項1記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項3】 上記磁気抵抗効果薄膜は、巨大磁気抵抗効果を有することを特徴とする請求項1記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項4】 上記硬磁性層は、酸化物を主成分とする材料によって形成されていることを特徴とする請求項1記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項5】 上記硬磁性層は、 $\gamma\text{Fe}_2\text{O}_3$ を主成分とする材料によって形成されていることを特徴とする請求項4記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項6】 上記硬磁性層は、 $\text{Co}-\gamma\text{Fe}_2\text{O}_3$ を主成分とする材料によって形成されていることを特徴とする請求項4記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項7】 上記硬磁性層は、 $\text{Co}-\text{Fe}-\text{MgF}_2$ を主成分とする材料によって形成されていることを特徴とする請求項1記載の磁気抵抗効果素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、磁気抵抗効果薄膜と、上記磁気抵抗効果薄膜の両端部に形成されている硬磁性層と、上記磁気抵抗効果薄膜の両主面側に形成されている電極層とを備える磁気抵抗効果素子に関する。

【0002】

【従来の技術】ハードディスク装置、及び磁気テープ装置などの高密度磁気記録再生装置においては、磁気抵抗効果薄膜（以下、MR薄膜と称する。）の磁気抵抗効果を利用して、磁気記録媒体に記録された情報信号を読み取る磁気抵抗効果型磁気ヘッド（以下、MRヘッドと称する。）が広く用いられている。

【0003】このMRヘッドとしては、一対の磁気シールド部材間に磁気抵抗効果素子（以下、MR素子と称する。）が設けられた、いわゆるシールド型MRヘッドの実用化が進んでいる。

【0004】上述したMR薄膜には、異方性磁気抵抗効果（AMR：Anisotropic Magneto-Resistive Effect）を示すもの、巨大磁気抵抗効果（GMR：Giant Magnetoresistive Effect）を示すもの、トンネル接合型磁気抵抗効果（TMR：Tunneling Magneto-Resistive Effect）を示すものなどがある。

【0005】このうち、トンネル接合型磁気抵抗効果を利用したMR薄膜（以下、TMR薄膜と称する。）は、反強磁性材料によって形成された磁化固定層と、強磁性材料によって形成されたピン層と、非磁性非導電性材料によって形成されたトンネル障壁層と、強磁性材料によって形成されたフリー層とが順次形成された構造とされている。

【0006】このTMR薄膜に対して略垂直方向にセンス電流を流すと、トンネル障壁層内に、一方の強磁性層から他方の強磁性層に向かっていわゆるトンネル電流が流れる。この現象をトンネル接合型磁気抵抗効果と称する。TMR薄膜を利用したMR素子（以下、TMR素子と称する。）では、外部磁界に応じてフリー層の磁化が変化し、トンネル電流のコンダクタンスが変化する。そして、このトンネル電流のコンダクタンスを測定することによって外部磁界の検出を行う。

【0007】上述したトンネル電流のコンダクタンスは、2つの強磁性層の磁化方向の相対角度に依存して変化する。上記TMR薄膜においては、2つの強磁性層の磁化の分極率から磁気抵抗比を理論的に算出する事ができる。このため、TMR素子はMRヘッドの材料として注目を集めている。

【0008】また、巨大磁気抵抗効果を利用したMR薄膜（以下、GMR薄膜と称する。）のうち、スピンバルブ膜は、反強磁性材料によって形成された磁化固定層と、強磁性材料によって形成されたピン層と、非磁性導電性材料によって形成された中間層と、強磁性材料によって形成されたフリー層とが順次形成された構造とされている。

【0009】GMR素子に対して外部磁界が印加されると、外部磁界の向きと強さに応じてフリー層の磁化が決まる。スピンバルブ膜は、ピン層の磁化方向とフリー層の磁化方向とが 180° 異なるときに電気抵抗が最大となり、ピン層の磁化方向とフリー層の磁化方向とが同一となるときに電気抵抗が最小となる。このため、スピンバルブ膜は、印加された外部磁界に応じて電気抵抗が変化する。そして、この抵抗変化を読み取ることによって外部磁界の検出を行う。

【0010】ところで、MRヘッドにおいては、バルクハウゼンノイズを抑制するために磁区制御を行い、MR薄膜におけるフリー層を単磁区化することが重要となる。

【0011】異方性磁気抵抗効果を利用したMRヘッド、及び巨大磁気抵抗効果を利用したMRヘッド100は、図16に示すように、基板101上に、下部磁気シールド層102aと、下部ギャップ層103aとが順次形成されている。下部ギャップ層103a上に、MR薄膜104が形成されており、MR薄膜104の両端部には、一対のバイアス層105が形成されている。MR薄膜104及びバイアス層105の上には、上部ギャップ

層 103b と、上部磁気シールド層 102b とが形成されている。

【0012】そして、MR 薄膜 104 に対してバイアス磁界を印加するバイアス層 105 を MR 薄膜 104 の両端部に設けることによって、MR 薄膜 104 におけるフリー層を単磁区化している。このバイアス層 105 は、C o P t などの導電性を有する硬磁性材料により形成されている。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、TMR 薄膜を使用した MR ヘッド（以下、TMR ヘッドと称する。）は、基板上に、下部磁気シールド層と、下部ギャップ層と、TMR 薄膜と、上部ギャップ層と、上部磁気シールド層とを順次積層した構造を有している。そして、下部磁気シールド層、下部ギャップ層、上部ギャップ層、及び上部磁気シールド層が電極を兼ねている。

【0014】そして、TMR 薄膜の膜面に対して略垂直方向にセンス電流を流し、このときに TMR 薄膜におけるトンネル障壁層を流れるトンネル電流のコンダクタンスを測定して磁気信号の読みとりを行っている。

【0015】上述したバイアス層 105 は、C o P t などの導電性を有する硬磁性材料によって形成されている。このため、TMR ヘッドにおいてバイアス層を TMR 薄膜の両端部に設けた場合には、センス電流がバイアス層へ分流してしまい、磁気信号の読みとりが困難となる。このため、TMR ヘッドにおいては、MR 薄膜の両端部にバイアス層を設けることによって磁区制御を行うことは適当ではない。

【0016】また、GMR 薄膜を利用した MR ヘッド（以下、GMR ヘッドと称する。）として、近年、図 17 及び図 18 に示すように、GMR 薄膜の両主面上に電極層の役割を兼用するギャップ層及びシールド層を形成した、いわゆる CPP（current perpendicular to the plane）配置を有する GMR ヘッド（以下、CPP-GMR ヘッドと称する。）が提案されている。

【0017】CPP-GMR ヘッドは、基板上に、下部磁気シールド層と、下部ギャップ層と、GMR 薄膜と、上部ギャップ層と、上部磁気シールド層とが順次積層された構造とされており、下部磁気シールド層、下部ギャップ層、上部ギャップ層、及び上部磁気シールド層が電極層を兼ねている。

【0018】そして、GMR 薄膜の膜面に対して略垂直方向にセンス電流を流し、このときに GMR 薄膜における中間層を流れる電流のコンダクタンスを測定して磁気信号の読みとりを行っている。

【0019】上述したように、CPP-GMR ヘッドは GMR 薄膜に対して垂直にセンス電流を流す構造とされているため、GMR 薄膜に対して平行に電流を流したときよりも抵抗変化率が大きくなる。また、電極層がシールド層と兼用とされているため、狭ギャップ化したとき

に電極層とシールド層とを絶縁させることを考慮する必要がなくなる。また、電極層がギャップ層及びシールド層と兼用とされているため、製造工程が簡略化される。このため、CPP-GMR ヘッドは、磁気ヘッドとして注目を集めている。

【0020】しかし、この場合においても TMR ヘッドと同様に、バイアス層を GMR 薄膜の両端部に設けた場合にはセンス電流がバイアス層へ分流してしまい、磁気信号の読みとりが困難となる。このため、CPP-GMR ヘッドにおいても、MR 薄膜の両端部に導電性の高いバイアス層を設けることによってフリー層の磁区制御を行うことは適当ではない。

【0021】上述した問題点を解決するために、TMR ヘッド及び CPP-GMR ヘッドにおいては、MR 薄膜の両端部に絶縁層を形成した後にバイアス層を形成する方法が採用されている。しかしながら、この場合には MR 薄膜に対して十分なバイアス磁界を印加することが不可能となり、フリー層における磁区制御が不十分となる。

【0022】また、MR 薄膜のフリー層のみに接触するようにバイアス層を形成する方法も採用されているが、後述するような問題点が生じてしまう。以下では、CPP-GMR ヘッドを例に挙げて、MR 薄膜のフリー層のみに接触するようにバイアス層を形成した例、及びそのときに生じる問題点について述べる。

【0023】下部磁気シールド層側にピン層が形成されており、その上にフリー層が形成されているいわゆるボトム型の GMR 薄膜 110 を使用して CPP-GMR ヘッド 111 を作製したときにこの方法を採用した場合、CPP-GMR ヘッドは図 17 に示すような構造とされる。

【0024】CPP-GMR ヘッド 111 は、図 17 に示すように、基板 112 上に、下部磁気シールド層 113a と、下部ギャップ層 114a とが順次積層されている。下部ギャップ層 114a 上には、磁化固定層 115 と、ピン層 116 と、中間層 117 とが形成されている。この両端部には、非磁性層 118 が形成されている。このとき、非磁性層 118 と中間層 117 とが略同一面を形成するようにする。中間層 117 上には、フリー層 119 と、保護層 120 とが中間層 117 より小さい幅で順次積層されている。この両端部には、一対のバイアス層 121 が形成されている。保護層 120 と、バイアス層 121 との上には、上部ギャップ層 114b と、上部磁気シールド層 113b とが順次積層されている。

【0025】また、下部磁気シールド層側にフリー層が形成されており、その上にピン層が形成されているいわゆるトップ型の GMR 薄膜 130 を使用して CPP-GMR ヘッド 131 を作製したときにこの方法を採用した場合、CPP-GMR ヘッドは図 18 に示すような構造

とされる。

【0026】CPP-GMRヘッド131は、図18に示すように、基板132上に、下部磁気シールド層133aと、下部ギャップ層134aとが順次積層されている。下部ギャップ層134a上には、下地層135と、フリー層136とが順次積層されている。この両端部には、一対のバイアス層137が形成されている。このとき、フリー層136と、バイアス層137とは略同一面を形成している。フリー層136の上には、中間層138と、ピン層139と、磁化固定層140と、保護層141とが順次積層されている。この両端部には、一対の非磁性層142が形成されている。保護層141と、非磁性層142との上には、上部ギャップ層134bと、上部磁気シールド層133bとが順次積層されている。

【0027】しかしながら、この場合にも、バイアス層121にセンス電流が分流してしまう。また、製造工程が複雑化するために生産性が低下する。

【0028】そこで、本発明は、上述したような従来の実状に鑑みて提案されたものであり、硬磁性層が磁気抵抗効果薄膜の両端部に形成されると共に、電極層が磁気抵抗効果薄膜の両主面側に形成されたときにも、硬磁性層に分流する電流を減らすことが可能であり、再生動作が安定である磁気抵抗効果素子を提供することを目的とする。

【0029】

【課題を解決するための手段】上述の目的を達成するために、本発明に係る磁気抵抗効果素子は、感磁部である磁気抵抗効果薄膜と、上記磁気抵抗効果薄膜の両端部に形成され、磁気抵抗効果薄膜に対してバイアス磁界を印加する硬磁性層と、上記磁気抵抗効果薄膜の両主面側に形成され、磁気抵抗効果薄膜に対して電流を供給する電極層とを備え、上記硬磁性層は、 $0.5\Omega\text{cm}$ 以上の電気抵抗を有する材料によって形成されていることを特徴とする。

【0030】以上のように構成された磁気抵抗効果素子は、硬磁性層が磁気抵抗効果薄膜の両端部に形成されると共に、電極層が磁気抵抗効果薄膜の両主面側に形成されたときにも、硬磁性層に分流する電流が少なく、硬磁性層が磁気抵抗効果薄膜に対してバイアス磁界を印加することが可能となる。

【0031】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。以下では、まず、図1に示すような、トンネル接合型磁気抵抗効果を有する磁気抵抗効果素子1（以下、TMR素子1と称する。）を備える磁気抵抗効果型磁気ヘッド2（以下、TMRヘッド2と称する。）について説明する。

【0032】なお、以下の説明で用いる図面は、各部の特徴をわかりやすく図示するために特徴となる部分を拡大して示している場合があり、各部材の寸法の比率が実

際と同じであるとは限らない。また、以下ではTMRヘッド2を構成する各層の構成や材料等について例示するが、本発明は、例示するTMRヘッド2に限定されるものではなく、所望とする目的や性能に応じて各層の構成や材料等を選択すればよい。

【0033】TMR素子1は、図1に示すように、トンネル接合型磁気抵抗効果薄膜3（以下、TMR薄膜3と称する。）と、TMR薄膜3の両端部に形成された一対のバイアス層4とから形成されている。

【0034】TMRヘッド2は、図1に示すように、基板5上に、下部磁気シールド層6aと、下部ギャップ層7aとが形成されている。下部ギャップ層7a上には、TMR素子1が形成されている。TMR素子1上には、上部ギャップ層7bと、上部磁気シールド層6bとが順次積層されている。

【0035】TMR薄膜3は感磁部であり、外部磁界を感知する。TMR薄膜3は、磁化固定層10と、ピン層11と、トンネル障壁層12と、フリー層13と、保護層14とが順次積層された構造とされている。

【0036】磁化固定層10は、後述するピン層11と交換結合をすることで、ピン層11の磁化を固定する。磁化固定層10は、反強磁性材料によって形成される。具体的な材料の例としては、 RhMn 、 IrMn 、 PtMn 、 NiMn 、 FeMn などが挙げられる。

【0037】ピン層11は、磁化固定層10との交換結合によって磁化の方向が固定されている。ピン層11は、強磁性体によって形成される。具体的な材料の例としては、 Co 、 CoFe などが挙げられる。

【0038】トンネル障壁層12は、TMR薄膜3に対してセンス電流を流したときに、トンネル電流が流れる部位である。なお、センス電流はTMR薄膜5の主面に対して垂直に流れる。TMRヘッド2では、このトンネル電流のコンダクタンスを検出することによって、外部磁界の検出を行う。

【0039】トンネル障壁層12は、非磁性であり且つ絶縁性である金属材料によって形成されている。具体的な材料の例としては、 Al_2O_3 が挙げられるが、トンネル電流が流れる材料であれば特に限定されない。

【0040】フリー層13は、外部磁界によって磁化が変化する部位であり、強磁性材料によって形成されている。具体的な材料の例としては、 NiFe 、 CoFe などが挙げられる。

【0041】保護層14は、TMR薄膜3における比抵抗の増加を防止する。また、フリー層13における結晶配向性を向上させる。保護層14は、非磁性非導電性である金属材料によって形成されている。具体的な材料の例としては、 Ta が挙げられる。

【0042】バイアス層4は、TMR薄膜3に対してバイアス磁界を印加することによってTMR薄膜3におけるフリー層13の磁区を単磁区化し、磁壁の発生を防止

するための機能を有している。バイアス層4は、それぞれTMR薄膜3の長手方向の両端部に、高い抵抗値を有する硬磁性材料によって形成されている。この硬磁性材料は、以下に述べる理由により抵抗値が0.5Ω以上であることが望ましい。

【0043】先ず、図2及び図3に示すように、TMR素子1に流れるセンス電流aをIとしたときにTMR薄膜3に流れる電流bをI1とし、TMR薄膜3にかかる抵抗をR1とする。また、バイアス層4に流れる電流cをI2とし、バイアス層4に対してかかる抵抗をR2とする。そして、TMR素子1全体にかかる電圧dをVbとすると、以下に示す数式1が成立する。

【0044】

【数1】

$$I = I_1 + I_2 = \frac{V_b}{R_1} + \frac{V_b}{R_2}$$

$$R_2 = \rho_2 \times \frac{40\text{nm}}{L_2(\mu\text{m})^2} = \rho_2 \times \frac{40\text{nm}}{L_2 \times 10^6(\text{nm})^2} = \rho_2 \times \frac{400}{L_2} [\Omega]$$

【0049】R1は30Ωであることがわかっているので、数式3の結果と共に数式1に代入すると、以下に示す数式4が成立する。

【0050】

【数4】

$$\frac{I_1}{I} = \frac{\rho_2 \times \frac{400}{L_2}}{30 + \rho_2 \times \frac{400}{L_2}}$$

【0051】L2は通常約10nmであるため、これを代入すると以下に示す数式5が成立する。

【0052】

【数5】

$$\frac{I_1}{I} = \frac{\rho_2 \times 40}{30 + \rho_2 \times 40}$$

【0053】TMR素子1には、センス電流の40%以上が流れることが望ましいので、以下の数式6に示す条件が必要とされる。

【0054】

【数6】

$$\frac{I_1}{I} \geq 0.4$$

【0055】数式5及び数式6から、以下に示す数式7が成立する。

【0056】

【数7】

$$\frac{\rho_2 \times 40}{30 + \rho_2 \times 40} \geq 0.4$$

【0057】数式7より、以下に示す数式8の結果が導かれる。

【0058】

【数8】

【0045】I1とIの比は、以下に示す数式2の通りとなる。

【0046】

【数2】

$$\frac{I_1}{I} = \frac{\frac{1}{R_1}}{\frac{1}{R_1+R_2}} = \frac{R_2}{R_1+R_2}$$

【0047】次に、TMR薄膜3の幅eを1μmとし、奥行きfを1μmとし、厚さgを40nmとする。また、バイアス層4の幅h1、h2をそれぞれ(L2)/2μmとし、比抵抗をそれぞれρ2Ωcmとすると、R2は以下に示す数式3の通りとなる。

【0048】

【数3】

$$\rho_2 \geq 0.5$$

【0059】このような理由により、硬磁性材料は0.5Ω以上の抵抗値を有することが望ましい。なお、上述した式変形においては、厚さ5nmのTa上に、磁化固定層10となる厚さ20nmのPtMnと、ピン層11となる厚さ5nmのCoFeと、トンネル障壁層12となる厚さ1nmの酸化アルミニウムと、フリー層13となる厚さ4nmのCoFeと、保護層14となる5nmの厚さのTaとを順次積層した構造を有するTMR薄膜3における数値を使用した。

【0060】上述したように、0.5Ω以上の抵抗値を有する硬磁性材料としては、酸化されている硬磁性材料、及びCo-Fe-MgF2が挙げられる。酸化されている硬磁性材料としては、特にFe2O3、Co-γFe2O3などが望ましい。また、Co-Fe-MgF2は、例えば同時スパッタリングによってCoが約35%となるように成膜されることが望ましい。Coが約35%であるときには、約104Ωcmという非常に大きな比抵抗が得られ、Co-γFe2O3によってバイアス層4を形成したときと同程度の特性を得ることが可能となる。

【0061】ここで、バイアス層4が0.5Ω以上の抵抗値を有する材料によって形成されているために、下部磁気シールド層6a及び上部磁気シールド層6bや、下部ギャップ層7a及び上部ギャップ層7bから供給されたセンス電流が、バイアス層4に分流することを防ぐことができる。

【0062】基板5は、高硬度非磁性材料によって形成されている。具体的な材料としては、例えばアルミナ-チタン-カーバイド(アルチック)などが挙げられる。基板5は、平面形状が略長方形の薄板形状に成形される。

【0063】下部磁気シールド層6a及び上部磁気シールド層6b（以下、磁気シールド層6と総称する。）は、磁気記録媒体からの信号磁界のうち再生対象外の信号磁界が、TMR薄膜3に引き込まれないように機能する。すなわち、再生の対象外の信号磁界は、磁気シールド層6により導かれ、再生の対象となる信号磁界だけがTMR薄膜3に導かれる。これにより、TMR薄膜3における高周波数特性及び読取分解能の向上が図られている。また、磁気シールド層6は、TMR薄膜3に対してセンス電流を供給する電極層を兼ねている。

【0064】磁気シールド層6は、導電性を有する軟磁性材料によって形成されている。このような材料の例としては、パーマロイ、 CoZrTa 、 CoNbTa 、センダスト（ Fe-Al-Si 合金）などが挙げられる。

【0065】下部ギャップ層7a及び上部ギャップ層7b（以下、ギャップ層7と称する。）は、非磁性非導電性材料によって薄膜状に形成されている。ギャップ層7が存在することによって、磁気シールド層6と、TMR薄膜3との絶縁性が保たれる。また、ギャップ層7は、磁気シールド層6と共に、TMR薄膜3に対してセンス電流を供給する電極層を兼ねている。

【0066】ギャップ層7は、導電性をもつ非磁性材料から形成される。具体的な材料の例としては、 Ta 、 Cu 、 Cr 、 Ti 、 W などが挙げられる。

【0067】TMR素子1は、MR薄膜6におけるピン層11と、フリー層13との磁化方向の相対角度に依存して、トンネル障壁層12に流れるトンネル電流のコンダクタンスが変化することを利用して、外部磁界を検出している。外部磁界を検出する具体的な原理は以下の通りである。

【0068】ピン層11は磁化方向が固定されており、フリー層13は磁化方向が変化自在である。TMR素子1には、TMR薄膜3に対して垂直な方向にセンス電流が流されている。外部磁界が生じると、ピン層11の磁化方向に対してフリー層13の磁化方向が変化し、トンネル障壁層12に流れるトンネル電流のコンダクタンスが変化する。そして、トンネル電流のコンダクタンスの変化を測定する。このことによって外部磁界を検出する。

【0069】TMRヘッド2においては、上述したように外部磁界を検出することによって、磁気記録媒体などの記録媒体に記録された情報の再生を行う。

【0070】以上の説明からも明らかなように、TMR素子1は、バイアス層4が 0.5Ω 以上の抵抗値を有する材料によって形成されているために、バイアス層4に分流するセンス電流を減らすことができる。

【0071】また、TMR素子1は、硬磁性材料で形成されているバイアス層4をTMR薄膜3の両端部に形成することが可能となるために、フリー層13に対して十分なバイアス磁界が印加される。そして、フリー層13

は単磁区化されて磁壁が生じにくくなる。このためにTMR素子1は、バルクハウゼンノイズを防ぐことが可能となる。

【0072】つぎに、図4に示すような、巨大磁気抵抗効果を有する磁気抵抗効果素子20（以下、GMR素子20と称する。）を備え、センス電流がGMR薄膜に対して垂直に流される磁気抵抗効果型磁気ヘッド21（以下、CPP-GMRヘッド21と称する。）について説明する。

【0073】GMR素子20は、図4に示すように、スピナルバルブ膜22と、その両端部に形成されている一対のバイアス層23とから構成されている。

【0074】CPP-GMRヘッド21は、図4に示すように、基板24上に、下部磁気シールド層25aと、下部ギャップ層26aとが順次積層されている。そして、下部ギャップ層26a上には、GMR素子20が形成されている。GMR素子20の上には、上部ギャップ層26bと、下部磁気シールド層25bとが順次積層されている。

【0075】スピナルバルブ膜22は感磁部であり、外部磁界を感知する。スピナルバルブ膜22は、磁化固定層30と、ピン層31と、中間層32と、フリー層33と、保護層34とが順次積層された構造とされている。

【0076】磁化固定層30は、後述するピン層31と交換結合をすることで、ピン層31の磁化を固定する。磁化固定層30は、反強磁性材料の単層膜、多層膜、合金によって形成される。具体的な材料の例としては、 RhMn 、 IrMn 、 PtMn 、 NiMn 、 FeMn 、 PtPdMn などが挙げられる。

【0077】ピン層31は、磁化固定層30との交換結合によって磁化の方向が固定されている。ピン層31は、強磁性材料の単層膜、多層膜、合金によって形成される。具体的な材料の例としては、 Co 、 Fe 、 Ni 、 Cu 、 Ru 、 CoFe 、 NiFe などが挙げられる。

【0078】中間層32は、ピン層31とフリー層32とを静磁結合させる。また、この中間層32が形成されることにより、スピナルバルブ膜22に巨大磁気抵抗効果が現れる。中間層32は、導電性を有する非磁性材料の単層膜、多層膜、合金によって形成されている。具体的な材料の例としては、 Cu 、 Ni 、 Cr 、 Ru などが挙げられる。

【0079】フリー層33は、外部磁界によって磁化が変化する部位であり、強磁性材料の単層膜、多層膜、合金によって形成されている。具体的な材料の例としては、 NiFe 、 CoFe 、 Co 、 Fe 、 Ni 、 Cu 、 Ru などが挙げられる。

【0080】保護層34は、スピナルバルブ膜22における比抵抗の増加を防止する。また、フリー層33における結晶配向性を向上させる。保護層34は、非磁性非導電性である金属材料の単層膜、多層膜、合金によって形

成されている。具体的な材料の例としては、Ti、Cr、Ta、Mo、TiN₂、NiFeなどが挙げられる。

【0081】なお、ここでは、スピバルブ膜22の構成を基板側にピン層が形成されており、その上に、中間層を介してフリー層が形成されているボトム型スピバルブ膜とした。しかしながら、基板側にフリー層が形成されており、その上に中間層を介してピン層が形成されているトップ型スピバルブ膜としても良い。

【0082】バイアス層23は、スピバルブ膜22に対してバイアス磁界を印加し、スピバルブ膜22における各強磁性層の磁区を単磁区化し、磁壁の発生を防止するための機能を有している。

【0083】バイアス層23は、それぞれスピバルブ膜22の長手方向の両端部に、高い抵抗値を有する硬磁性材料によって形成されている。この硬磁性材料は、TMRヘッド2におけるバイアス層4と同様の理由により、0.5Ω以上の抵抗値を有することが望ましい。

【0084】上述したように0.5Ω以上の抵抗値を有する硬磁性材料としては、バイアス層4において述べたように、酸化されている硬磁性材料、及びCo—Fe—MgF₂が挙げられる。酸化されている硬磁性材料としては、特にFe₂O₃、Co—γFe₂O₃などが望ましい。また、Co—Fe—MgF₂は、例えば同時スパッタリングによってCoが約35%となるように成膜されることが望ましい。Coが約35%であるときには、約10⁴Ωcmという非常に大きな比抵抗が得られ、Co—γFe₂O₃によってバイアス層4を形成したときと同程度の特性を得ることが可能となる。

【0085】ここで、TMRヘッド2におけるバイアス層4と同様に、GMRヘッド21におけるバイアス層23が高い抵抗値を有する材料によって形成されているために、磁気シールド層25及びギャップ層26から供給されたセンス電流が、バイアス層23に分流することを防ぐことができる。

【0086】下部磁気シールド層25a及び上部磁気シールド層25b（以下、磁気シールド層25と総称する。）は、磁気記録媒体からの信号磁界のうち、再生対象外の信号磁界がスピバルブ膜22に引き込まれないように機能する。すなわち、再生の対象外の信号磁界は磁気シールド層25により導かれ、再生の対象となる信号磁界だけがスピバルブ膜22に引き込まれる。

【0087】このことにより、スピバルブ膜22の高周波数特性、及び読取分解能の向上が図られている。また、磁気シールド層25は、スピバルブ膜22に対してセンス電流を供給する電極層を兼ねている。

【0088】磁気シールド層25は、導電性を有する軟磁性材料によって形成されている。具体的な材料の例としては、パーマロイ、CoZrTa、CoNbTa、センダスト（Fe—Al—Si合金）などが挙げられる。

【0089】下部ギャップ層26a及び上部ギャップ層26b（以下、ギャップ層26と称する。）は、非磁性非導電性材料によって薄膜状に形成されている。ギャップ層26が存在することによって、磁気シールド層25と、スピバルブ膜22との絶縁性が保たれる。また、ギャップ層26は、磁気シールド層25と共に、スピバルブ膜22に対してセンス電流を供給する電極層も兼ねている。

【0090】ギャップ層26は、導電性を有する非磁性材料の単層膜、多層膜、合金から形成される。具体的な材料の例としては、Ta、Cu、Cr、Mo、TiN₂、NiFeなどが挙げられる。また、ギャップ層26は、これらの材料を積層した構造とされてもよい。

【0091】GMR素子20は、スピバルブ膜22におけるピン層31と、フリー層33との磁化方向の相対角度に依存して、スピバルブ膜22に流れるセンス電流のコンダクタンスが変化することを利用して、外部磁界を検出している。外部磁界を検出する具体的な原理は以下の通りである。

【0092】ピン層31は磁化方向が固定されており、フリー層33は磁化方向が変化自在とされている。GMR素子20には、スピバルブ膜22に対して垂直な方向にセンス電流が流されている。外部磁界が生じると、ピン層31の磁化方向に対してフリー層33の磁化方向が変化し、スピバルブ膜層32に流れるセンス電流のコンダクタンスが変化する。そして、このセンス電流のコンダクタンスの変化を測定することによって外部磁界を検出する。

【0093】GMRヘッド21においては、上述したように外部磁界を検出することによって、磁気記録媒体などの記録媒体に記録された情報の再生を行う。

【0094】以上の説明からも明らかなように、GMR素子20は、高い抵抗値を有する材料によってバイアス層23が形成されているためにバイアス層23に分流する、センス電流を減らすことが可能となる。

【0095】また、GMR素子20は、硬磁性材料によってバイアス層23をスピバルブ膜22の両端部に形成することが可能となるために、フリー層31に対して十分なバイアス磁界を印加することができる。そして、フリー層31は単磁区化されて磁壁が生じにくくなる。このためにGMR素子20は、バルクハウゼンノイズを防ぐことが可能となる。

【0096】つぎに、TMR素子1の製造方法について、図5乃至図9を使用して説明する。なお、以下の説明で用いる図面は、図1乃至図6と同様に、各部の特徴をわかりやすく図示するために、特徴となる部分を拡大して示している場合があり、各部材の寸法の比率が実際と同じであるとは限らない。

【0097】また、ここでは、上記TMR素子1の製造方法をTMRヘッド2に対して適用した際の製造方法を

例に挙げて具体的に説明するが、本発明は、以下の例に限定されるものではない。

【0098】 先ず、図5に示すように、最終的に基板5となる基板材50上に、最終的に下部磁気シールド層6aとなる第1の磁性層51と、最終的に下部ギャップ層7aとなる第1の非磁性層52とを、スパッタリングなどにより順次積層する。

【0099】 次に、第1の非磁性層52上に、TMR薄膜3を形成する。具体的には、最終的に磁化固定層10となる反強磁性層53と、最終的にピン層11となる第1の強磁性層54と、最終的にトンネル障壁層12となる非磁性非導電層55と、最終的にフリー層13となる第2の強磁性層56と、最終的に保護層14となる非磁性金属層57とを、スパッタリングなどにより順次積層する。

【0100】 次に、図6に示すように、非磁性金属層57上にフォトリソスト58を形成しする。そして、図7に示すように、第1の非磁性層52が露出するまでエッチングを施す。

【0101】 次に、図8に示すように、エッチングによって露出した第1の非磁性層52上に、最終的にバイアス層4となる一対の硬磁性層59を形成する。そして、図9に示すように、フォトリソスト58をリフトオフする。

【0102】 次に、最終的に上部磁気シールド層6bとなる第2の磁性層と、最終的に上部ギャップ層7bとなる第2の非磁性層とを、スパッタリングなどにより順次積層し、図1に示すTMRヘッド2が完成する。

【0103】 なお、硬磁性層59の抵抗値はTMR薄膜3よりも大きい。このため、第2の磁性層が非磁性金属層57上から外れて硬磁性層59上に形成されたときにも、問題は生じない。このことから、TMRヘッド2を製造するときには、第2の磁性層を形成するときの位置合わせが容易となる。

【0104】 つぎに、GMR素子20の製造方法について、図10乃至図14を使用して説明する。なお、以下の説明で用いる図面は、図1乃至図9と同様に、各部の特徴をわかりやすく図示するために、特徴となる部分を拡大して示している場合があり、各部材の寸法の比率が実際と同じであるとは限らない。

【0105】 先ず、図10に示すように、最終的に基板24となる基板材70上に、最終的に下部磁気シールド層25aとなる第1の磁性層71と、最終的に下部ギャップ層26aとなる第1の非磁性層72とを、スパッタリングなどにより順次積層する。

【0106】 次に、第1の非磁性層72上に、スピンプル膜22を形成する。具体的には、最終的に磁化固定層30となる反強磁性層73と、最終的にピン層31となる第1の強磁性層74と、最終的にトンネル障壁層32となる非磁性非導電層75と、最終的にフリー層33

となる第2の強磁性層76と、最終的に保護層34となる非磁性金属層77とを、スパッタリングなどにより順次積層する。

【0107】 次に、図11に示すように、非磁性金属層77上にフォトリソスト78を形成する。そして、図12に示すように、第1の非磁性層72が露出するまでエッチングを施す。

【0108】 次に、図13に示すように、エッチングによって露出した第1の非磁性層72上に、最終的にバイアス層23となる一対の硬磁性層79を形成する。そして、図14に示すように、フォトリソスト78をリフトオフする。

【0109】 次に、非磁性金属層77と硬磁性層79との上に、最終的に下部磁気シールド層25bとなる第2の磁性層と、最終的に下部ギャップ層26bとなる第2の非磁性層とを、スパッタリングなどにより順次積層し、図2に示すGMRヘッド21が完成する。

【0110】 なお、硬磁性層79の抵抗値はスピンプル膜22よりも大きい。このため、第2の磁性層が、非磁性金属層77上から外れて硬磁性層79上に形成されても問題は生じない。このことから、GMRヘッド21を製造するときには、第2の磁性層を形成するときの位置合わせが容易となる。

【0111】 以上の説明からも明らかなように、TMR素子1は、バイアス層4が高い抵抗値を有する材料によって形成されているために、センス電流がバイアス層4に分流することを防ぐことができる。また、TMR素子1は、硬磁性を有するバイアス層4がTMR薄膜3の両端部に形成されているために、フリー層13に対して十分なバイアス磁界を印加することが可能となる、そして、フリー層が単磁区化されて磁壁が生じにくくなる。このことにより、TMR素子1はバルクハウゼンノイズが発生しにくくなり、微小な外部磁界を検出することが可能となる。

【0112】 また、GMR素子20は、バイアス層23が高い抵抗値を有する材料によって形成されているために、バイアス層23に分流するセンス電流を減らすことができる。GMR素子20は、バイアス層23が硬磁性材料で形成されているため、フリー層23に対して十分にバイアス磁界を印加することが可能となる。そして、フリー層23が単磁区化されて磁壁が生じにくくなる。このことにより、GMR素子21はバルクハウゼンノイズが発生しにくくなり、微小な外部磁界を検出することが可能となる。

【0113】

【実施例】 つぎに、本発明を適用したMR素子における外部磁界に対する磁化の変化を、実施例に基づいて説明する。

【0114】 実施例1

まず、本発明を適用したTMR素子における外部磁界に

対する磁化の変化について説明する。

【0115】 先ず、基板となるウェハ上に、パーマロイ膜を厚さが $5\mu\text{m}$ となるようにメッキ法により形成した。次に、Ta膜を厚さが 70nm となるようにスパッタ法により形成した。

【0116】 次に、最終的にTMR薄膜となる各層を形成した。先ず、RhMn膜と、Co膜と、Al膜とを、スパッタ法により順次積層した。このとき、RhMn膜の厚さを 30nm として、Co膜の厚さを 2nm として、Al膜の厚さを 0.8nm とした。次に、大気中に 10 時間放置した。このことにより、Alは Al_2O_3 に変化する。次に、 Al_2O_3 膜上に、 $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ 膜と、Ta膜とを、スパッタ法により順次積層した。このとき、 $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ 膜の厚さを 5nm として、Ta膜の厚さを 0.5nm とした。

【0117】 次に、TMR薄膜の両端部をエッチング及びイオンミリングなどによって削除し、TMR薄膜を所定の形状とした。

【0118】 次に、TMR薄膜の両端部に、 $\text{Co}-\gamma\text{Fe}_2\text{O}_3$ 膜を厚さが 30nm となるようにDCスパッタ装置によって形成した。なお、 $\text{Co}-\gamma\text{Fe}_2\text{O}_3$ 膜の厚さを 30nm とすることによって、フリー層が十分に安定化する。このとき、ターゲットとしては $\text{Co}_{20}\text{Fe}_{60}$ 合金を使用し、スパッタガスとしては 0.5Pa である $\text{Ar}-10\%\text{O}_2$ ガスを使用した。また、成膜するときの高周波電力を 500W とした。

【0119】 次に、Ta膜を厚さが 100nm となるようにリフトオフ法により形成した。次に、TMR素子以外の部分に Al_2O_3 膜を形成した。このことにより、磁気シールド層がショートすることを防ぐことができる。次に、 $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ 膜を厚さが $5\mu\text{m}$ となるようにメッキ法により形成した。最後に、大気中において 270°C 、 1 時間の熱処理を行った。これにより、 $\text{Co}-\gamma\text{Fe}_2\text{O}_3$ 膜の磁気特性を良好なものとした。

【0120】 上述したTMRヘッドにおいて、下層磁気シールド層から上層磁気シールド層に向かってセンス電流を流し、振動試料型磁束計によって外部磁界と磁化との関係を測定した。この結果、図15に示すように、良好な形状である履歴曲線が得られた。

【0121】 このことから、上述したTMRヘッドにおいてはバイアス層に分流するセンス電流が少なく、TMR素子の磁気抵抗変化を有効に利用できることが判明した。そして、上述したTMR薄膜におけるフリー層は十分に単磁区化されており、磁壁が生じにくくなっているために、上述したTMRヘッドは、再生動作が良好であることが判明した。

【0122】 実施例2

つぎに、本発明を適用したGMR素子における外部磁界に対する磁化の変化について説明する。

【0123】 先ず、基板となるウェハ上に、パーマロイ

膜を厚さが $5\mu\text{m}$ となるようにメッキ法により形成した。次に、Ta膜を厚さが 5nm となるようにスパッタ法により形成した。

【0124】 次に、最終的にスピバルブ膜となる各層を形成した。先ず、PtMn膜と、CoFe膜と、Al膜とを、スパッタ法により順次積層した。このとき、PtMn膜の厚さを 20nm として、CoFe膜の厚さを 5nm として、Al膜の厚さを 1nm とした。次に、大気中に 10 時間放置した。このことによりAlは酸化され、 Al_2O_3 に変化する。次に、 Al_2O_3 膜上に、CoFe膜と、Ta膜とを、スパッタ法により順次積層した。このとき、CoFe膜の厚さを 4nm として、Ta膜の厚さを 5nm とした。

【0125】 次に、スピバルブ膜の両端部をエッチング及びイオンミリングなどによって削除し、スピバルブ膜を所定の形状とした。

【0126】 次に、スピバルブ膜の両端部に、 $\text{Co}-\gamma\text{Fe}_2\text{O}_3$ 膜を厚さが 30nm となるようにDCスパッタ装置によって形成した。なお、 30nm はフリー層の安定化に適した厚さである。このとき、ターゲットとして $\text{Co}_{20}\text{Fe}_{60}$ 合金を使用し、スパッタガスとして 0.5Pa である $\text{Ar}-10\%\text{O}_2$ ガスを使用した。また、成膜時の高周波電力を 500W とした。

【0127】 次に、Ta膜を厚さが 100nm となるようにリフトオフ法により形成した。次に、GMR素子以外の部分に Al_2O_3 膜を形成した。このことにより、磁気シールド層のショートを防ぐことができる。次に、 $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ 膜を厚さが $5\mu\text{m}$ となるようにメッキ法により形成した。最後に、大気中において 270°C 、 1 時間の熱処理を行った。これにより、 $\text{Co}-\gamma\text{Fe}_2\text{O}_3$ 膜の磁気特性を良好なものとした。

【0128】 上述したGMRヘッドにおいて、下層シールド層から上層シールド層に向かって電流を流したところ、バイアス層に分流するセンス電流が減少した。そして、上述したGMR薄膜におけるフリー層は、十分に単磁区化されているために磁壁が生じにくくなっているため、上述したGMRヘッドは、再生動作が良好であることが判明した。

【0129】

【発明の効果】 以上の説明からも明らかなように、本発明に係る磁気抵抗効果素子は、高い抵抗値を有する材料によって硬磁性層が形成されている。このため、磁気抵抗効果薄膜の膜面に対して垂直に電流を流すときにも、電流が硬磁性層に分流することを防ぐことができる。

【0130】 また、本発明に係る磁気抵抗効果素子は、硬磁性材料が磁気抵抗効果薄膜の両端部に直接形成されているために、第1の強磁性層に対して十分なバイアス磁界を印加することが可能となり、第1の強磁性層が単磁区化され、磁壁が生じにくくなる。このために、バルクハウゼンノイズが発生しにくいものとなり、微小な外

部磁界を検出することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明を適用した TMR 素子を備える TMR ヘッドを示す要部拡大図である。

【図 2】 同 MR 素子に流れるセンス電流を示す模式図である。

【図 3】 同 MR 素子における各薄膜の大きさと、同 MR 素子に対してかかる電圧を示す模式図である。

【図 4】 本発明を適用した GMR 素子を備える GMR ヘッドを示す要部拡大図である。

【図 5】 本発明を適用した TMR ヘッドの製造方法を説明するための図であり、非磁性金属層まで積層された状態を示す断面図である。

【図 6】 同 TMR ヘッドの製造方法を説明するための図であり、非磁性金属層上にフォトリソが形成された状態を示す断面図である。

【図 7】 同 TMR ヘッドの製造方法を説明するための図であり、TMR 薄膜に対してエッチングが施された状態を示す断面図である。

【図 8】 同 TMR ヘッドの製造方法を説明するための図であり、硬磁性層が形成された状態を示す断面図である。

【図 9】 同 TMR ヘッドの製造方法を説明するための図であり、フォトリソが除去された状態を示す断面図である。

【図 10】 本発明を適用した GMR ヘッドの製造方法を説明するための図であり、非磁性金属層まで積層された状態を示す断面図である。

【図 11】 同 GMR ヘッドの製造方法を説明するための図であり、非磁性金属層上にフォトリソが形成された状態を示す断面図である。

【図 12】 同 GMR ヘッドの製造方法を説明するための図であり、スピントラル膜に対してエッチングが施された状態を示す断面図である。

【図 13】 同 GMR ヘッドの製造方法を説明するための図であり、硬磁性層が形成された状態を示す断面図である。

【図 14】 同 GMR ヘッドの製造方法を説明するための図であり、フォトリソが除去された状態を示す断面図である。

【図 15】 本発明を適用した TMR ヘッドによって再生したときの、外部磁界と記録媒体の磁化との関係を示した図である。

【図 16】 GMR 又は AMR を利用した MR 素子を備える MR ヘッドを示す要部拡大図である。

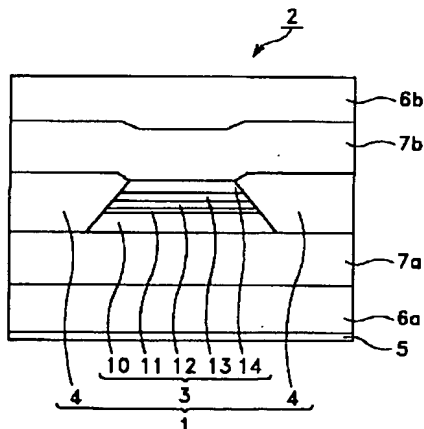
【図 17】 従来の CPP-GMR ヘッドのうち、ボトムタイプのスピントラル膜を使用したものを示す要部拡大図である。

【図 18】 従来の CPP-GMR ヘッドのうち、トップタイプのスピントラル膜を使用したものを示す要部拡大図である。

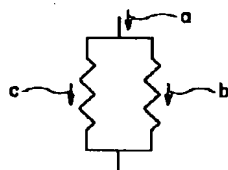
【符号の説明】

0 TMR 素子、2 TMR ヘッド、3 TMR 薄膜、4 バイアス層、5 下地層、6 磁気シールド層、7 ギャップ層、10 磁化固定層、11 ピン層、12 トンネル障壁層、13 フリー層、14 保護層

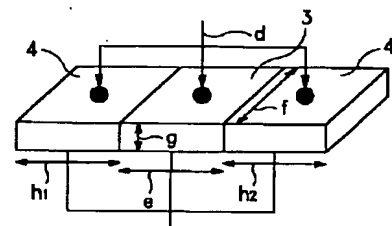
【図 1】



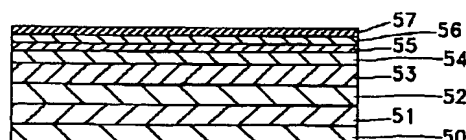
【図 2】



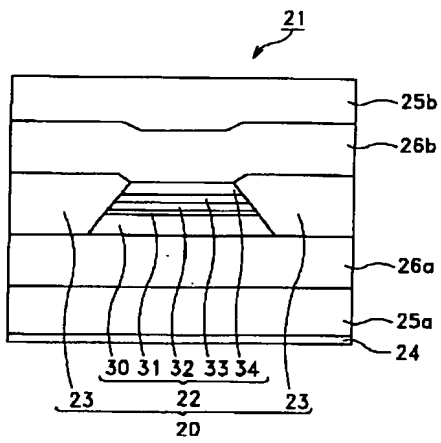
【図 3】



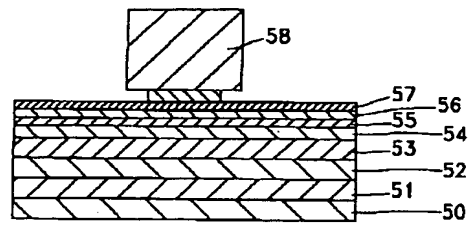
【図 5】



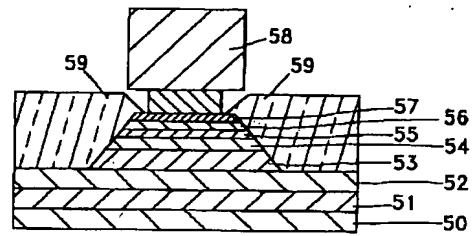
【図 4】



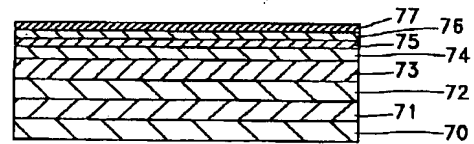
【図 6】



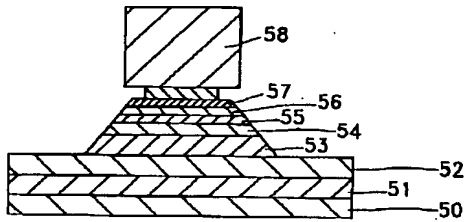
【図 8】



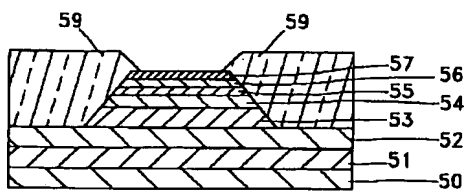
【図 10】



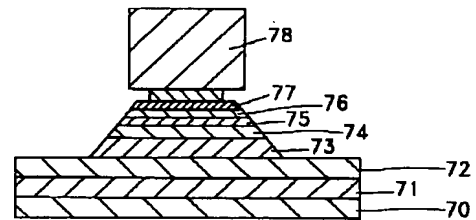
【図 7】



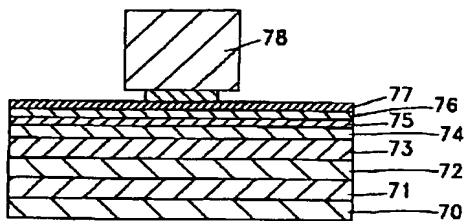
【図 9】



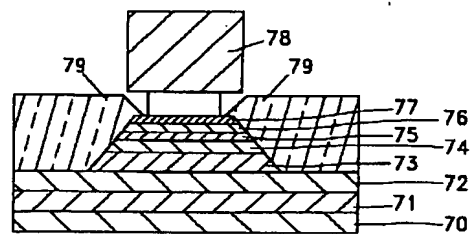
【図 12】



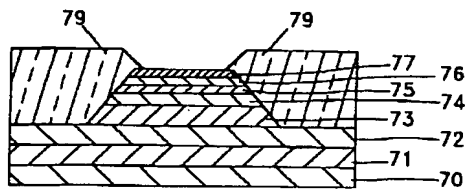
【図 11】



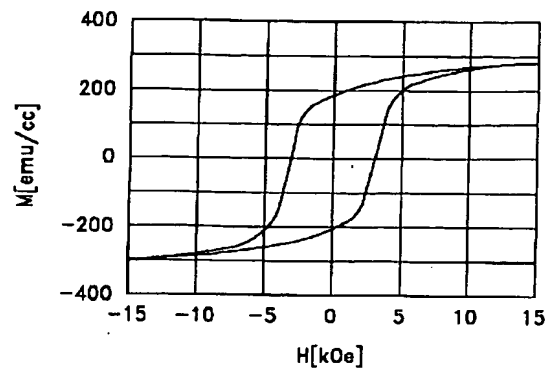
【図 13】



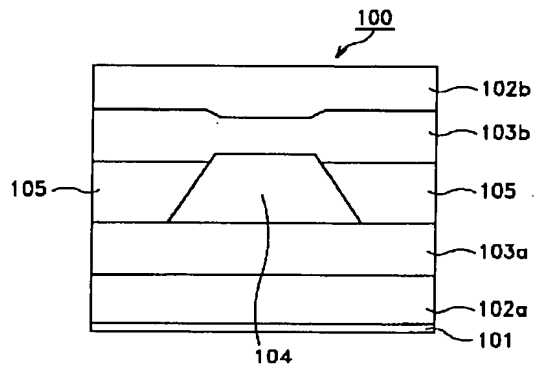
【図14】



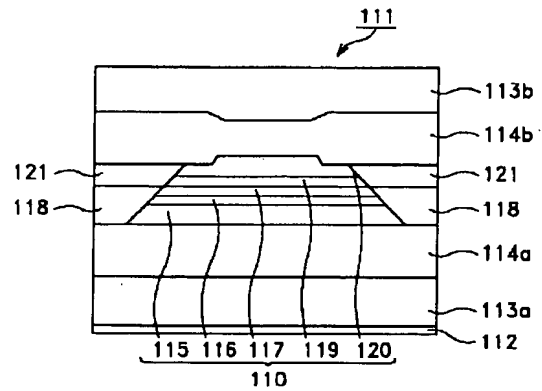
【図15】



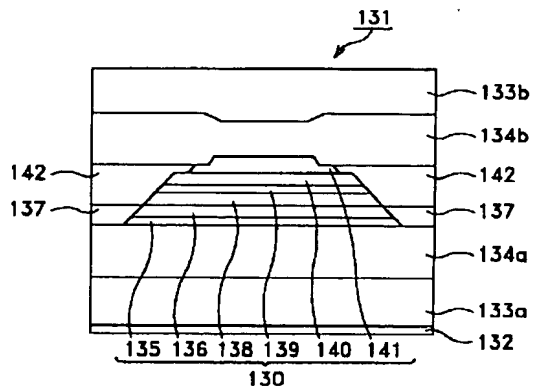
【図16】



【図17】



【図18】



フロントページの続き

(72)発明者 水口 徹也
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ
ー株式会社内

(72)発明者 橋本 実
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ
ー株式会社内

F ターム(参考) 5D034 BA04 BA08 BA12 BB08 CA04
CA08
5E049 AB02 AC05 BA16 CB02 CC01
CC08